



TITLE:

経済学における実験：オープン・リサーチ・センターの最初の2年間の研究を振りかえって(動的システムの情報論2,研究会報告)

AUTHOR(S):

小田, 宗兵衛

CITATION:

小田, 宗兵衛. 経済学における実験：オープン・リサーチ・センターの最初の2年間の研究を振りかえって(動的システムの情報論2,研究会報告). 物性研究 2003, 80(6): 831-845

ISSUE DATE:

2003-09-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/97599>

RIGHT:

経済学における実験: オープン・リサーチ・センターの最初の2年間 の研究を振り返って

小田宗兵衛*

1 はじめに

京都産業大学大学院経済学研究科は、2001年度から5年計画で、私立大学学術研究高度化推進事業「オープン・リサーチ・センター」『実験経済学:経済学教育の新しい方法と、それによる経済学教育の社会的効果の研究』(ORC4E)を推進している。このプロジェクトには最新の情報環境をもつ実験室(KSU-KEEL)があり様々な能力をもつ若者たちが所属や専門をこえて参加しているので、計算機環境を被験者実験の実施とその結果の分析に積極的に応用する研究が多い。そこで計算機実験の被験者実験への利用の観点から、ORC4Eで行われている研究を概観する。¹

本稿は以下のように構成されている。次節で実験経済学の方法についての私見を簡単に述べる。そして第3節では被験者実験のための情報環境計算機の一般的利用法を、第4節では被験者の戦略を知るための計算機実験を、第5節では一部の被験者を計算機内のエージェントにさせる実験を、それぞれORC4Eで行われている研究を例に紹介する。最後に第6節で経済実験の今後について私見を述べて結びとする。

*京都産業大学経済学部、〒603-8555 京都市北区上賀茂本山、oda@cc.kyoto-su.ac.jp, <http://www.kyoto-su.ac.jp/~oda/>

¹ORC4Eの現時点(2003年5月)の構成は、八木三木男(代表;京都産業大学経済学部教授)、小田宗兵衛(プロジェクト・リーダー;京都産業大学経済学部教授)、八杉満利子(京都産業大学理学部教授)、飯田善郎(京都産業大学経済学部助教授)、中島義裕(大阪市立大学経済学研究科助教授;京都産業大学客員研究員)、野澤孝之(大学評価・学位授与機構助手;京都産業大学客員研究員)、篠原修二(日本学術振興会特別研究員PD;京都産業大学客員研究員)、井寄幸平(日本学術振興会特別研究員PD;京都産業大学客員研究員)、濱口泰代(京都産業大学特定研究員PD)、舩本現(京都産業大学特定研究員PD)、門田智則(京都産業大学理学研究科RA)、廣瀬哲也(京都産業大学理学研究科RA)、藤川武海(京都産業大学経済学研究科RA)である。プロジェクトの概要については『週間京都経済』第555号(2002年7月8日発行) http://www.kyoto-keizai.co.jp/search/view.phtml?report_no=262を参照。このプロジェクトは、実験経済学そのものだけでなく、実験による経済学教育の効率化(教育用実験教材の開発など)と経済学教育の効果の測定(経済学を勉強すると利己的になるかなど)を目指している。経済学教育についてのORC4Eの活動については、小田(2003)を参照。

2 実験経済学の方法

実験経済学は、研究したい経済活動を1人または2人以上のゲームとして再現し、それを被験者にプレイさせることで、その経済活動の理解を目指す。経済実験は、Chamberlin (1948) による不完全市場での価格形成の実験に始まる短い歴史しかもたないが、Smith (1962) の需要と供給による価格決定理論の検証など多くの興味深い経済実験が行われ、今では経済学の一つの研究方法として確立され様々な研究が行われている。²

被験者実験それ自体は、経済学特有の研究法ではない。じっさい経済・経営の分野に限っても、Chamberlin より 20 年も早く 1927-32 年に、工場の照明と労働者の作業能率との客観的関係を調べるために Hawthorne 実験が行われ、物理的な労働環境よりも労働者の価値観のほうが重要というその発見は、その後の経営学の発展に大きく貢献している。

実験経済学を特徴づけるのは、意思決定主体の接する情報を被験者の外に、主体の目的あるいは動機を被験者の内に、正確に再現させて実験を行うことである。そのために実験者は、仕切によって被験者間の意識的あるいは無意識的な情報の漏出や交換を防ぐとともに（図1）、被験者にゲームで稼いだ得点に応じて現実世界で通用する報酬（多くのばあい現金）を支払う。実験経済学研究者が情報管理と金銭報酬に注意を払うのは、経済理論においても現実経済においても、情報と報酬のありかたが主体の行動に大きく影響するからである。



図 1: 京都産業大学大学院実験室 (KSU-KEEL)

被験者に対する金銭的報酬は、経済理論と実験を結びつけるためである。ほとん

²Smith は 2002 年にノーベル経済学賞を受けた。受賞理由と実験経済学の歴史については、ノーベル委員会の説明 <http://www.nobel.se/economics/laureates/2002/adv.html> が分かりやすい。

どの経済理論は、各主体は何らかの効用関数を持ち、その最大化を目指すかと仮定する。したがって理論と実験を結びつけるためには、被験者に利用可能な情報や手段だけでなく、被験者の目的（効用関数）も実験者が管理できるものでなければならない。そのためには金銭報酬が最適と実験経済学研究者は考える。金銭報酬は観察可能で、必要に応じて様々な報酬体系を被験者に与えられるからである。³

ただし金銭報酬が被験者の効用関数になっているか、いいかえれば被験者は自分の得点をできるだけ大きくすることだけを考えてゲームをするかには疑問の余地がある。じっさい被験者が金銭報酬の最大化だけを指すかを調べる実験「独裁者ゲーム」がある。これは、ある一定の金額（たとえば1000円）を2人で分割させるゲームで、片方（独裁者）が分割を一方的に決める。つまり独裁者は、自分の得る金銭報酬を最大化したければ、「自分が全部とる」と宣言すればよい。しかし、多くの被験者は半分しかとらない。これは、被験者が金銭報酬以外の何かを考慮することを示唆する。

被験者の目的を調べる実験は、経済は社会の全てではなく一部にすぎず、経済活動の制約が経済の外から生じるとともに、経済活動の目的が経済的なものだけににとどまらないことを明らかにする。じっさい独裁者役の被験者の行動をゲームの相手だけでなく実験者にも秘匿する巧妙なもの（多数の被験者に1ドル札10枚を入れた封筒を渡し、何枚かを自分の取分として引きぬいてから共通の箱に入れさせ、箱内の封筒を別の同数の被験者に配る）も含め様々な実験をすると、行動の秘匿の程度が大きくなるにつれ、いっそう多くの被験者がいっそう多くの金額を取ることが報告されている (Davis and Holt 1993, Chapter 5)。これは、被験者が半分しかとらないのは、自分が公平であろうとしてではなく、自分が公平であると他人に思われたいからであることを示唆する。

とはいえ、わざわざ被験者に利己的行動を金銭的報酬で動機づける一方で、それに逆らって公平性や評判など他の要因を考慮するかを調べるのは変則的であり、多くの実験では被験者は金銭報酬の最大化を目指して行動すると考えられる。このときには理論と実験との差は、意思決定者の目的の相違ではなく環境と能力の差に帰せられる。理論の要求する被験者の環境（他の売手と買手の提案する売買契約の提案を全て瞬時に正確に知ることができるなど）や能力（完全な記憶と完璧な計算能力をもつなど）についての仮定が完全には満たされないときの人間行動と、そのゲーム全体への影響を知ることは、実験の重要な目的である。

³ORC4Eの実験は、ゲーム前の説明とゲーム終了後の謝金支払いも含めて2-3時間であり、ゲームの得点が最も低い者で時間あたり800円、最も高い者で1600円程度（学生のパートタイム・ジョブの1-2倍）になるよう設計している。これは経済実験に対する支払いとして標準的なものであるが、被験者に対する報酬の必要性についても支払い方についても、研究者の見解は完全には一致していない。「第6回実験経済学コンファランス」（敬愛大学、2003年10月20日）のWWWサイト (<http://homepage3.nifty.com/experiment/>) の研究者アンケートを参照。

3 計算機環境での被験者実験

実験室（KSU-KEEL）は、情報化された経済実験室であり、複雑な多数の意思決定を被験者に要求する実験を実施できる。この定員 28 名の実験室は、隣接する準備室（図 1 のカーテンの後方の部室で、サーバーが設置されている）とともに、岩崎敦（NTT コミュニケーション科学基礎研究所）の設計で 2002 年 3 月に完成し、2002 年度は野澤孝之（大学評価・学位授与機構）によって、2003 年度は舩本現（京都産業大学）によって運営されている（設計の方針や運営の工夫については、岩崎・野澤（2003）を参照）。

藤川武海（京都産業大学）らは、この実験室で、各被験者に 4 つの二者択一問題（選択肢 A か選択肢 B のいずれかを選ぶ）に対し、探索（各選択肢からの得点について何も情報がないとき）と選択（各選択肢からの得点の確率分布が既知）それぞれ 400 回ずつ、合計 3200 回の意思決定を求める実験を実施した（Fujikawa and Oda 2003）。このような被験者に多数回の意思決定を求める実験の実施に計算機環境が必須なのはいうまでもない上に、実験結果の分析のためにも計算機による計算が必要となる。たとえば藤川らは実験結果の分析のため「A を選ぶと確率 0.2 で 4 点で、B を選ぶと確率 0.25 で 3 点」という問題で、両方を同じ回数ずつ試すとき A（期待値 0.8）からの得点のほうが B（期待値 0.75）より低くなる確率はいくらかなどを計算しているが、図 2 に見るように、この確率は数百回程度の試行では絶対値も変動幅もかなり大きい。この事実は、無限回の試行をすれば期待値の大きい方からの得点のほうが平均的に大きくなるという数学的定理からだけでは明らかではなく、具体的数値計算をして初めて認識される。この事実は、藤川らの探索実験では半数以上の被験者が誤認（両選択肢からの得点の事後平均の大小が期待値の大小と一致しないこと）を経験しているという結果とあわせ、一見パラドックスあるいは錯誤と見られる被験者の行動も誤認に基づく合理的意思決定と理解されることを示唆する。

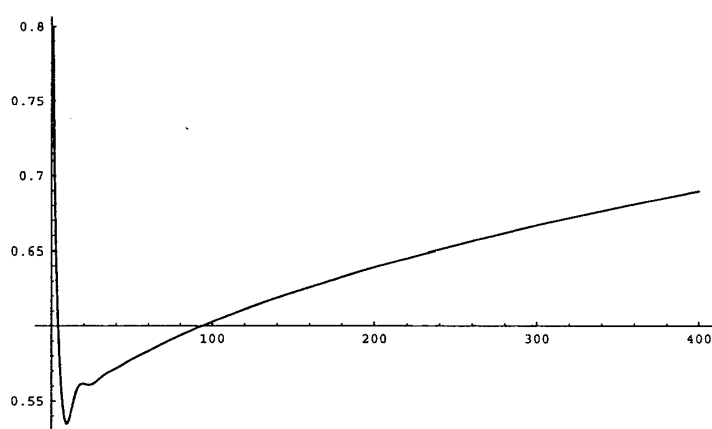


図 2: 探索で誤認のおこらない確率

被験者実験の自動化と結果の分析のための数値計算と統計解析が、ネットワーク環境と計算機のもっとも基本的な利用法である（藤川らの実験は 1 人ゲームなので

実験室のネットワークは実験中は利用されていないが、実験終了とともに各人の得点がサーバーに集められ実験報酬を被験者に直ちに支払えることは、実験時間の短縮化と費用節約をもたらす)。さらに付言すれば、ORC4Eの被験者募集は京都産業大学の情報環境を前提としている。ORC4Eは、2001年7月から海外と日本で多数の実験を行ってきたが、京都産業大学学生を被験者とする実験は、すべてWWWとメイリング・リストによって組織的に集められ、参加履歴を管理されている(2001年11月から2003年4月までに59回の実験を行い、のべ756人の参加があった)。門田智則(京都産業大学)により設計され、門田と廣瀬哲也により運営されている被験者募集と経験者管理のシステムの完成度は高く、実験者は被験者募集の負担をまったく負うことなく実験だけに集中できる(このシステムの詳細と開発の経緯については、門田(2003)を参照)。

4 計算機実験による被験者実験の再現

被験者実験では、各被験者の行動を観察できるが、その背後にある戦略を直接に見ることはできない。たとえば、ある2人が繰返し囚人のジレンマの実験でずっと協力をして、これだけでは2人の戦略は分からない: 戦略は「常に協力する」かもしれないし、「相手が裏切らないかぎり協力する」かもしれない。もちろん対戦相手をかえるなど異なる環境でプレイさせることで戦略を推定できるときもあるが、考えられる戦略がたくさんあるときには、限られた観察だけに基づいて戦略を特定できないだろう。実験後に「どのような方針で手を選びましたか」と質問しても、被験者が正確に思い出して的確に表現できるとはかぎらない上に、たとえできても正直に述べないかもしれない。

いっぽう計算機実験では、エージェントの戦略はプログラムであり観察可能である。そのうえ、被験者実験では数十人を集めて何百回かの試行を求めるだけでも大変な手間と費用がかかるが、計算機実験なら何万というエージェントに何百万回も同じあるいは異なるゲームをさせることができる。もちろん全ての場合を実験することはできないから「もしエージェントが~の戦略に従えば、ゲームは…となる」と定理として述べることはできないが、数学的分析が事実上不可能な複雑なゲームでも、エージェントの戦略とゲームの帰結をかなりの信頼度をもって関連づけられる。

この特徴を利用して、被験者実験を再現する計算機実験を設計して被験者のとった戦略を推測するのが、計算機実験の被験者実験への応用の第1である。もちろん一般には被験者実験を再現するプログラムは1つとは限らないから、複数の被験者実験と計算機実験を組織的に行って被験者の行動を再現する戦略を慎重に探らなければならないが、計算機実験による被験者の戦略の推定は、被験者行動の統計解析だけでは不可能な分析を可能にする。

4.1 自分の経験に基づく学習

濱口泰代（京都産業大学）らは、日本とオーストラリアの中学生と大学生を対象に閾値のある公共財供給実験を行っている (Hamaguchi *et al* 2002)。これは5人ゲームで、各人は各々の初期保有（5単位）のうち何単位を公共サービスの生産のためにグループに供出するかを決める。グループ5人の供出の合計が閾値（10単位）未満のときには、供出された財は全て無駄に失われるが、供出の合計が10以上のときには公共サービスが生産され、各人は平等に恩恵を受ける。各人の得点は、（各人ごとに異なるかもしれない）各人の手許に残した財の数＋（グループ全員に共通の）公共サービスであり、各人の受ける公共サービスは、常に4（固定報酬）または供出合計の0.4倍（変動報酬）である。たとえば各人が1ずつ供出すれば（各人の得点は各人の手許に残る4だけだが、各人の供出が0、1、2、3、4なら、合計は10となり、各人は4ずつの公共サービスを受け、各人の得点は順に9、8、7、6、5となる。

濱口らは、この実験を匿名グループごとに10回ずつ繰り返し、被験者集団の親密度が高いほど供出量が多いことを見いだしている（図3）。⁴

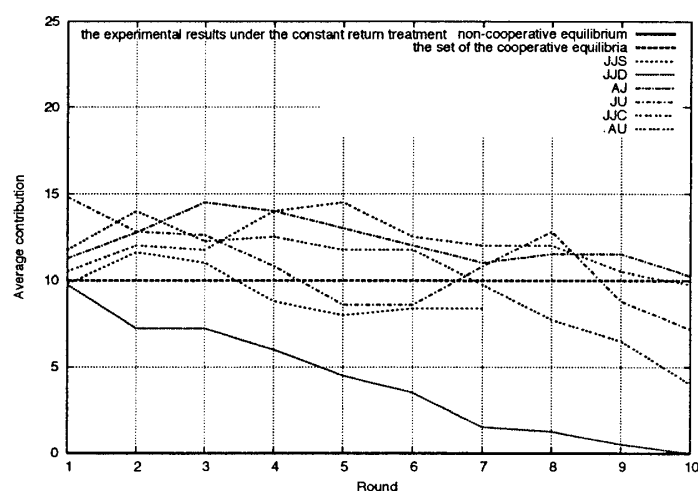


図 3: 閾値のある公共財供給実験（変動報酬）における供出量の合計（被験者集団ごとの比較）。

JJS, JJD, JJC: 中学生（京都）、AJ: 中学生（シドニー）、JU: 大学生（京都）、AU: 大学生（シドニー）。

ただし JJD 以外は全員が同じ学校・大学に所属する生徒・学生；とくに JJC は同一運動クラブの部員。

⁴被験者にはあらかじめ10回で実験を終了することを伝えてある。ただし JJS は7回しか実施できなかった（実はこれは ORC4E にとって最初の実験であり、ある中学校に出張して計算機環境を利用せずに実施したものである）。

閾値がない設定では Nash 均衡は非協力均衡（誰も1単位も供出しない）だけだが、閾値があれば協力均衡（供出の合計が閾値に等しい）も Nash 均衡である。しかし実験によれば協力均衡はなかなか維持されない。いっぽう飯田善郎らは、グループ間競争を導入して各人が各人の初期保有をすべて供出するのが唯一の純粋 Nash 均衡とするゲームの実験を行っているが、実験数がまだ少ないが、この均衡は観察されていない（飯田・濱口・小田 2002）。

岩崎敦（NTT コミュニケーション科学基礎研究所）と井村修一（神戸大学）らは、初回の総供出が 10 以上か否かが 2 回目以降の供給量の低下傾向に影響していることに注目し、それを強化学習により再現した (Iwasaki *et al* 2003; Iwasaki, Imura and Oda 2003)。強化学習のエージェントは、初期時点において各選択肢（供出 0 から供出 5 までの 6 つ）の選択確率をもち、それを経験すなわち過去において自分の得点を高く（低く）した選択肢の選択確率を少しずつ増す（減らす）ことにより、徐々に変更していく。岩崎らは、エージェントの各選択肢選択確率の初期値を、(a) すべて 1/6 にするときと (b) 被験者が各選択肢を初回に選んだ割合とするときを比較し、前者のほうが被験者の行動をよく再現していることを見いだした。図 4 は、固定報酬で最初の供出量合計が 10 未満のときの被験者の行動とエージェントの行動を比較するものであるが、uniform IP (a) のグラフが observed IP (b) のグラフよりも、位置と形状の両面でよく被験者の行動を再現している。⁵

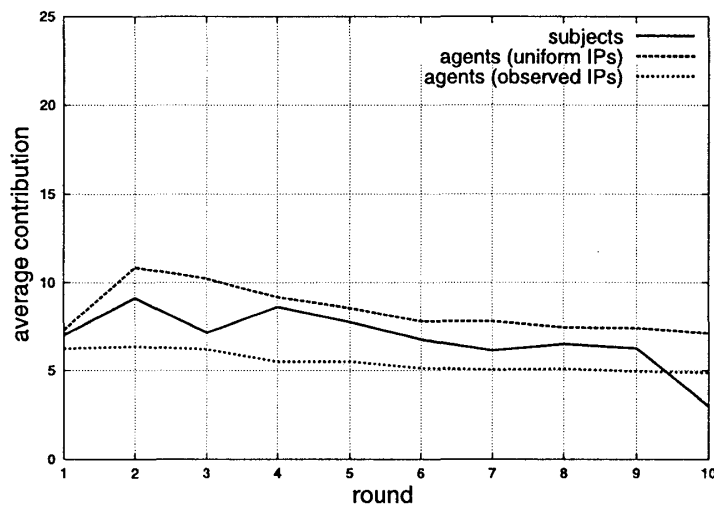


図 4: 閾値のある公共財供給実験（固定報酬）における供出量の合計（被験者実験と計算機実験の比較）。

岩崎らの計算機実験は、初回に観察される各選択肢の選択割合が、かならずしもエージェントのそのときの内部確率に対応していないことを示唆する。いいかえれば、初回の選択が偶然やとりあえずの焦点になっているだけで、強化された信念ではなくゲーム内での学習により徐々に失われていく可能性を示唆する。⁶

⁵被験者実験において供出量が 10 回目に急落しているのは、被験者が 10 回で終了することを知っているためと思われる。計算機実験のエージェントは毎回おなじ強化学習をするので、このような最終回効果は観察されない。なお被験者とエージェントの最初の供出量合計が 10 未満のときに限らずにグラフを描いても（これほど明瞭ではないが）同様の傾向が観察される。

⁶被験者とエージェントの最初の供出量合計が 10 以上のときにも、協力的行動がとりあえずの焦点になっているだけで、ゲーム内での学習により徐々に失われていくこともありそうである。じっさい 2001 年 11 月に独立行政法人国立オリンピック記念青少年総合センター助成活動「こどもゆめ基金」で中学生 20 名を京都市内の中学校から数人ずつ集めて実験したとき、初回は 15 名が 2 単位の供出を選んだにもかかわらず最終回では 1 人残らず 0 単位を選んだのであるが（図 3 の JJD）、実験後の質問に対する被験者の回答は、公平性に対する意識がしだいに薄れていったことを示唆するもの

4.2 他者の行動に基づく推論

井寄幸平（日本学術振興会特別研究員）らは、毎回対戦相手を選んで囚人のジレンマ・ゲームを行うというネットワーク囚人のジレンマの被験者実験と計算機実験を行っている (Iyori *et al* 2003; Iyori and Oda 2003)。井寄は、各エージェントは自分以外の各エージェントの自分に対する過去の行動に基づいて各エージェントに対する信頼度をもつとして、様々な計算機実験を行い、各エージェントの戦略を「最も信頼できる相手を選び、信頼度に応じる確率で協力を選ぶ」とすると、被験者実験の主要な結果（対戦相手のロック・イン（図5）、および協力度と得点の正の相関（図6））をよく再現することを示した。

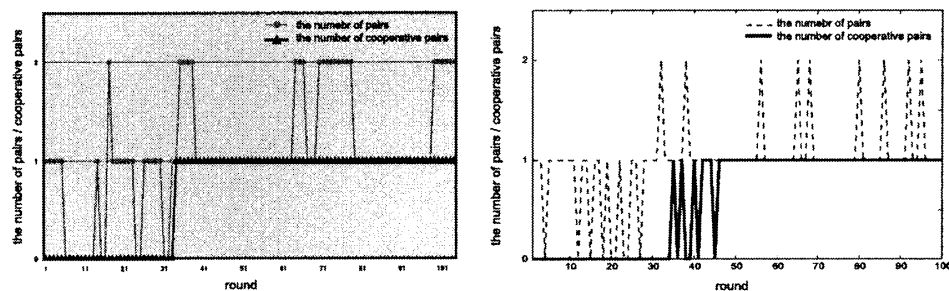


図 5: 4 人グループのなかで最終的に 1 組だけが長期安定の協力ペアになる例：被験者実験（左）と計算機実験（右）

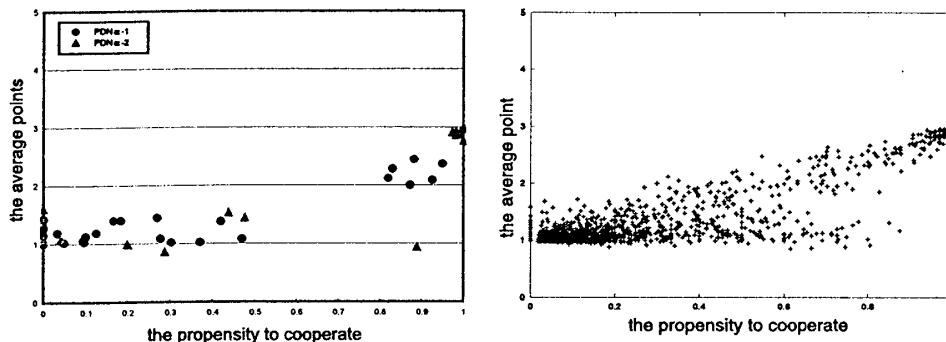


図 6: 協力度（横軸）と得点（縦軸）の相関：被験者実験（左）と計算機実験（右）

井寄のエージェントは、自分の過去の行動と報酬に基づいて確率的に次の行動を選ぶ強化学習に従うのではなく、Tit for Tat (Axelrod 1984) のように相手の過去の行動に基づいて自分の行動を決める。自分自身の経験ではなく他のエージェントの行動から意図を読みとって行動するのは、推論の第一歩である。

であった。

4.3 ジャンピング・アウト

被験者がゲームの外側から価値判断や推論をもちこみつつゲームをプレイすることはゲームに完全に没頭するエージェントとの本質的な違いである。じっさい被験者がゲームの外側から被験者間のコミュニケーションに意味をもちこんだり、単純な強化学習には期待できない速さでゲーム内コミュニケーションを確立する例は、岩崎敦（NTT コミュニケーション科学基礎研究所）のチープ・トーク実験でも観察されており、第5節で詳述する。

八杉満利子らによる帽子の色あてパズルの分析（小田 2000；八杉・小田 2001；Yasugi and Oda 2002）で示されているように、人間は体系内で推論するだけでなく体系からジャンプ・アウト（Hofstadter 1979）してメタ推論して自分を含む体系についての知識を獲得する。被験者の学習もゲーム内の経験だけに基づく強化学習にとどまるものではなく、体系外の知識をとりこみながらメタ推論を行うであろう。これらの理解と記述には、限定合理性も含め、いっそうの理論分析（Yasugi and Oda 2003）と実験が必要である。

5 エージェントによる被験者の代替

多数の意思決定者の参加する実験において、一部の意思決定者だけを被験者にさせ残りをエージェントにさせることができる。じっさい大規模な被験者実験では個々の被験者の意思決定が複雑にからみあい、個々の主体の行動が結果に対してどう影響したのか分析が難しくなるからである。このとき意思決定者の一部をエージェントにさせることにより、手間と費用を節約するだけでなく、特定の意思決定者の行動と実験全体との関係を分析することができる。これが計算機実験の被験者へのもうひとつの応用であり、既に述べた被験者の戦略の推定と同じく、エージェントの戦略が観察可能なことを利用する。

5.1 マーケット・マイクロストラクチャー理論

経済学は、各人がある商品がある価格で買いたいと思う量と、各人がその商品とその価格で売りたいと思う量が等しいとき、その商品の市場はその価格で均衡していると言う。つまり経済学における均衡は、ほっておけばそうなるという無秩序な状態ではなく、特別な努力によって実現される特別な秩序である（均衡も平衡も英語では equilibrium である）。では均衡はどのように実現されるか。経済学の標準的説明は、競売人を仮定し、競売人が価格を何度も（需要が供給を上回るか下回るかに応じて価格を上下させて）叫んでは需要と供給を一致させる価格を見つけ、その価格（均衡価格）で取引させるというものである。これは理論的には可能な筋書であるが、先物市場などを除けば現実の市場にはこのような競売人はおらず、現実世界で誰がどのように価格を形成するかを説明しない。

マーケット・マイクロストラクチャー理論 (Gehrig 1993, Spulber 1999) は、取引参加者の1人あるいは数人が自らの利益のために競売人の役目を引きうけると考える。この競売人は仲買人と呼ばれ、売手全員に仕入価格たとえば100円を示して商品を仕入れ、買手全員に対して転売価格150円をその商品を転売し、1個あたり50円の利益を稼ぐ。標準的経済理論における競売人は利他的な価格形成者（あるいは同じ値段で商品を売手から買手に転売する仲買人）であるが、マーケット・マイクロストラクチャー理論の仲買人は自分の利益のために価格形成をする（図7）。

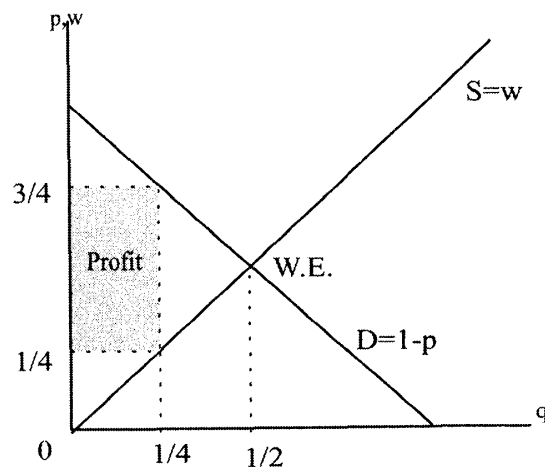


図7: 標準理論の競売人が需要曲線と供給曲線の交点に定める価格(0.5)と数量(0.5)と、マーケット・マイクロストラクチャー理論の仲買人が自分の利益(Profit)を最大にするために決める仕入価格(0.25)、転売価格(0.75)および数量(0.25)

5.2 マーケット・マイクロストラクチャー理論の実験

小川一仁（京都大学）と小山友介（東京工業大学）らは、独占仲買人の実験を行った (Ogawa, Koyama and Oda 2003)。実験では独占仲買人だけが被験者であり、売手と買手はそれぞれ供給曲線と需要曲線で代表されるエージェントである。被験者は需要関数と供給関数の正確な形を知らされていなかった上に、可能な仕入価格と転売価格の組合せは（仕入価格<転売価格の条件を課しても）4900あったのにもかかわらず、多くは許された20回の取引で最大利益あるいはそれに準じる利益を実現させた。

小川らの実験は、独占企業が需要曲線と供給曲線をあらかじめ知らなくても仲買人として機能する可能性を示唆するとともに、人間の探索についての理解を深める。多くの被験者は、何も指示されていないにもかかわらず、与えられた問題に対し中間目標を自発的に設定した。すなわち被験者の多くは、まず仕入数量と販売数量の一致を目指し（たとえば、まず5つ仕入れて5つ転売する仕入価格と転売価格を見つけ）、次にその数量を維持しながら価格を調節して利幅の拡大を目指した（仕入価

格を少しずつ下げ転売価格を少しずつ上げるが、仕入れられる個数が4に減るか転売できる個数が6に増えれば、価格をもどして仕入量=転売量=5を維持する)。

図8は、典型的な被験者の仕入価格(横軸)と転売価格(縦軸)の選択の軌跡を表す。各図で、仕入価格と転売価格が図中の中央の長方形領域にあれば、仕入数量と転売数量は(左の図では4それぞれ4個で、右の図ではそれぞれ5個で)等しく、利益は長方形の左上隅で極大(とくに取引量が4のときには最大)である。被験者は、1つの長方形領域に入るとそこから出ずに(出てもすぐに戻って)、その左上隅に最終的に落ちつく。⁷

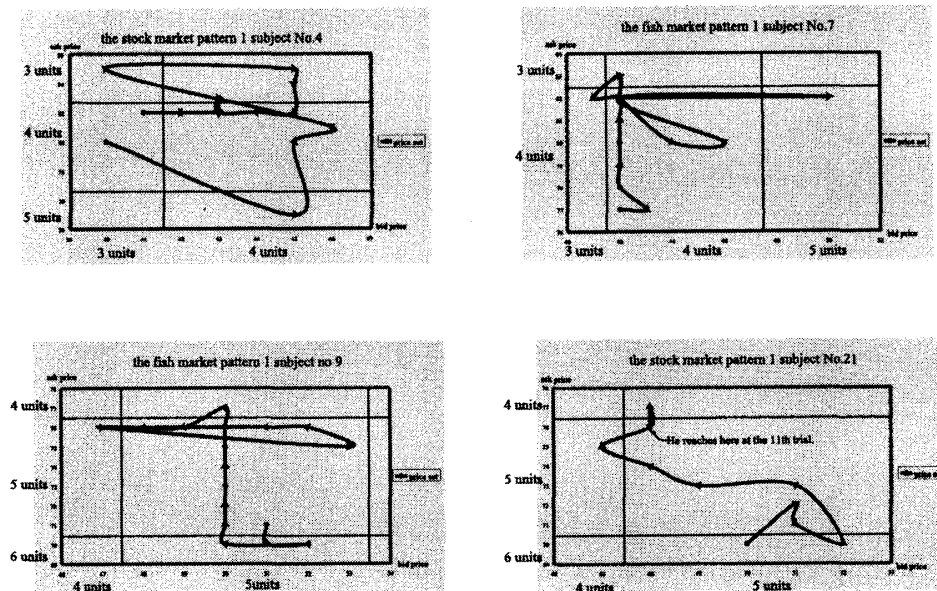


図8: 被験者の仕入価格(横軸)と転売価格(縦軸)の軌跡

上田完次(東京大学)と西野成昭(東京大学)らは、マーケット・マイクロスト

⁷理論に忠実に実験をしようとしても理論では均衡しか定義されていないときがある。そのときには実験者が均衡外の取引をどう扱うか定めるが、その特定化が実験結果に影響するときがある。マーケット・マイクロストラクチャーの実験はその例であり、仲買人が提示する仕入価格と転売価格では仕入量と転売量が一致しないときの扱いは理論では示されていない。小川らは、注文の取り消しを認めて仕入量と転売量の小さい方を仲買人の扱う数量とするとき(stock market treatment)と、売切れで注文の取消しはできるが仕入れ注文の取消はできないとき(fish market treatment)の2つを実施している。

図8の左下図の被験者の行動は興味ぶかい。軌跡は、まず垂直に上昇して長方形の上辺に達し、それから水平に動いて長方形の左上隅に達して停止している。これは、被験者がまず仕入価格だけを動かして自分の目指す数量(5)を仕入れるための最低価格を発見し、次に転売価格だけを動かして5個を転売するための最高価格を探したことを示す。すなわち、この被験者は、仕入価格と転売価格の探索を、仕入価格の探索と転売価格の探索の2つに分割した。これも、本文中の2段階探索と同じく中間目標の設定である。ただし、この中間目標の設定は誤りである。なぜなら、被験者が仕入れられる数量は仕入価格だけの関数であり、転売できる数量は転売価格だけの関数だから、両方を同時に動かしても、たとえば仕入数量の減少がいずれの価格の変更により生じたか分からなくなることはないからである。価格を1つずつ動かすことにより、この被験者は探索できる回数を自ら半分に減らしている。人間の中間目標設定能力を過小評価してはいけませんが、このように明白な誤りを犯すことも記憶にとどめなければならない。

ラクチャー理論をリサイクルの分析に応用するとともに、売手と買手が仲買人をとおさずに直接に取引することもできるときを、同様に売手と買手をエージェントとし仲買人だけを被験者とする実験で調べている (Ueda, Nishino and Oda 2003)。実験結果は、被験者の複雑な状況における人間の意思決定のありかたを示唆するとともに、仲買人の行動が市場厚生にあたえる影響 (取引によって売手と買手がどれだけ得をするか) を示している。

マーケット・マイクロストラクチャー理論に基づくこれらの研究は、実験者ではなく被験者に取引環境を自ら作らせることを目指している。もちろん実験者が実験環境を整えて被験者に実験させる以上、被験者に0からすべてを組織させることはできないが、いままで実験者が行ってきたことを被験者にさせることで、取引手順が明示的に決められていない一般的市場での価格形成を、価格形成のために必要な主体の行動を含めて考察したい。被験者とエージェントからなる市場の実験は、人間の行動を再現する計算機実験の開発とともに、この研究計画に不可欠である。

6 今後の展望

現実社会の複雑化と理論の精緻化とが進む現代において、実験は兩者をつなぐ役割を担っている。経済理論も経済政策も、論理的整合性や思想だけに基づいて評価されるのではなく、観察にもとづく修正や破棄の可能性に常にさらされていなければ健全性を保てない。事実の観察として重要な歴史・実証研究とともに、調べたいことに応じて設計でき何度でも実施できる実験は、既存理論の検証のためにも新理論の構築のためにも、現行政策の評価のためにも新政策の提言のためにも、ますます重要になる。

実験の目的や方法は分野により研究者により異なるが、人間行動の観察が人間行動の理論のために不可欠なのは明らかである。人間行動の理論は、論理的整合性や思想だけに基づいて組み立てられるのではなく、観察にもとづく構築・修正・破棄の可能性に常にさらされていなければ健全に発展しない。様々な理論的・实际的制約があるとはいえ、実験には、調べたい環境で何度でも繰り返えし被験者の行動を観察できる利点がある。現実社会の複雑化と理論の精緻化とが進む現代においては、受動的観察と論理整合性だけでは実証研究の意味も理論の価値も定められない。既存理論の検証のためにも新理論の構築のためにも、実験の必要性はますます高まっている。⁸

経済・経営の研究と教育のための実験もそれぞれ創成期から確立期をすぎ、実験研究者には新たな対象を新たな方法で分析することが求められている。実験研究はいつそう精緻に大規模になる一方で、形式化と専門化が急速に進む恐れがある。ORC4Eは、この現状のもとで実験に直接間接に関わる人々が集まって情報と意見とを交換し、

⁸多くの科学で実験は理論と現実を結びつけるものであるが、経済学においては実験は理論の検証にとどまり現実とのつながりがなく、実験による理論と現実との接合が果たされていないという反省がある。西條 (2003) は、この反省にたち制度設計工学を提唱している。

実験研究の未来を切りひらき実験研究をいっそう確実に有効に社会に貢献できるよう、一緒に努力する場でありたい。理工系で経済・経営の計算機実験の開発に従事している研究者の参加も期待している。

参考文献

- [1] R. Axelrod (1984): *The Evolution of Cooperation*, Basic Books (松田裕之 (訳) 『つきあい方の科学：バクテリアから国際関係まで』, ミネルヴァ書房, 1998) .
- [2] E. H. Chamberlin (1948): An Experimental Imperfect Market, *Journal of Political Economy*, vol. 56 no. 2, pp. 95-108.
- [3] D. D. Davis and C. H. Holt (1993): *Experimental Economics*, Princeton University Press.
- [4] I. Erev and A. E. Roth (1998): Predicting How People Play Games: Reinforcement Learning in Experimental Games with Unique, Mixed Strategy Equilibria, *American Economic Review*, vol. 88, no. 4, pp. 848-881.
- [5] T. Fujikawa and S. H. Oda (2003): Search and Choice under Uncertainty, to be presented at the International ESA meeting, Pittsburgh, PA USA, 19-22 June 2003.
- [6] T. Gehrig (1993): Intermediation in Search Markets, *Journal of Economics and Management Strategy*, Vol. 2, No. 1, pp. 97-120 .
- [7] Y. Hamaguchi (2002): Familiarity Breeds Cooperation: Experiments of Threshold Public Goods Games with Japanese and Australian University and Junior High School Students, presented at *The Annual Meeting of the Public Choice Society and Economic Science Association*, San Diego, California, USA.
- [8] D. R. Hofstadter (1979): *Gödel, Escher, Bach*, Basic Books, New York (はやし・はじめ & 柳瀬尚紀 (訳) 『ゲーデル、エッシャー、バッハ』 白揚社 1985) .
- [9] 飯田善郎, 濱口泰代, 小田宗兵衛 (2002) : 『公共財実験におけるグループ間競争の効果』, 第6回実験経済学コンファレンス (敬愛大学 2002年10月20日) 報告論文.
- [10] A. Iwasaki, S. Imura, S. H. Oda, I. Hatono and K. Ueda (2003): Does Reinforcement Learning Simulate Threshold Public Goods Games?: A Comparison with Subject Experiments, to appear in *IEICE Transaction on Information and Systems* (Special Issue on Software Agent and its Applications).

- [11] A. Iwasaki, S. Imura, S. H. Oda and K. Ueda (2003): Accidental Initial Outcomes and Learning in Experimental Games with Multiple Equilibria, to be presented at the International ESA meeting, Pittsburgh, PA USA, 19-22 June 2003.
- [12] 岩崎敦・野澤孝之 (2003): 「経済実験室の設計と運営」、第7回 実験経済学コンファレンス (京都産業大学、2003年5月24-25日) 報告予定。
- [13] K. Iyori and S. H. Oda (2003): "Prisoner's Dilemma Network: its experiments and simulations", to be presented at the International ESA meeting, Pittsburgh, PA USA, 19-22 June 2003.
- [14] 井寄幸平、鳩野逸生、小田宗兵衛、上田完次 (2003): 「ネットワーク型囚人のジレンマにおける協調行動の創発に関する研究」、『システム制御情報学会論文誌・第16巻第9号』掲載予定。
- [15] 門田智則 (2003): 「被験者募集の実際」、第7回 実験経済学コンファレンス (京都産業大学、2003年5月24-25日) 報告予定。
- [16] 小田宗兵衛 (2003): 「役にたつ経済学教育を目指して: 学生に経済実験を作らせる」、『第8回大学コンソーシアム京都ファカルティ・ディベロップメント・フォーラム報告論文集』掲載予定。
- [17] K. Ogawa, Y. Koyama and S. H. Oda (2003): Middleman in Ambiguous Situations: an experiment based on the market microstructure theory, to be presented at the International ESA meeting, Pittsburgh, PA USA, 19-22 June 2003
- [18] 西條辰義 (2003): 「制度設計工学序説: 排出権取引を事例として」, 『ECO-FORUM』, vol. 21, no. 3, pp. 4-19.
- [19] V. Smith (1962): An Experimental Study of Competitive Market Behavior, *Journal of Political Economy*, vol. 70, no. 2, pp. 111- 137.
- [20] D. F. Spulber (1999): *Market Microstructure: Intermediaries and the Theory of the Firm*, Cambridge University Press.
- [21] K. Ueda, N. Nishino and S. H. Oda (2003): Integration of Economics into Engineering with an Application to Recycling Market, to be presented at *CIRP 53rd General Assembly*, Montreal, Canada, 24-30 August, 2003.
- [22] 八杉満利子, 小田宗兵衛 (2001): 『体系からの脱出: 証明論による解析』, 「科学基礎論研究」, 第96号 (第28巻2号), pp. 33-38.

- [23] M. Yasugi and S. H. Oda (2002): A Note on the Wise Girls Puzzle, *Economic Theory*, vol.19, no. 1, pp. 145-156.
- [24] M. Yasugi and S. H. Oda (2003): Notes on Bounded Rationarity, *Scientiae Mathematicae Japonicae*, vol. 57, pp.129-138.